

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
22. März 2001 (22.03.2001)

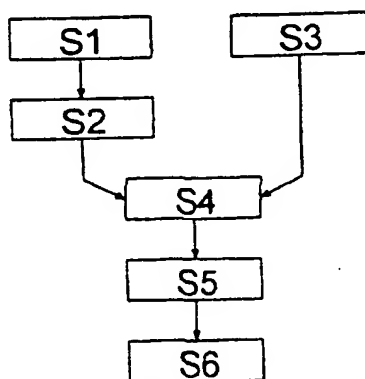
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/20140 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F01L 9/04 (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/03113
- (22) Internationales Anmeldedatum: 7. September 2000 (07.09.2000) (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 199 44 520.6 16. September 1999 (16.09.1999) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOCH, Achim [DE/DE]; Isarstr. 15, 93105 Tegernheim (DE).
- Veröffentlicht:  
— Mit internationalem Recherchenbericht.  
— Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING AN ELECTROMECHANICAL ACTUATOR DEVICE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM STEuern EINES ELEKTROMECHANISCHEN STELLANTRIEBES



(57) Abstract: The invention relates to an actuator device which holds an actuator, for actuating a gas exchange valve of an internal combustion engine for instance, in an end position by means of a coil. The aim of the invention is to switch said actuator device into the other end position in time. To this end, the impingement of the coil with voltage is stopped a certain period of time  $t_k$  before the moment when the actuator is released from the end position. The period of time  $t_k$  is selected according to the supply voltage of the actuator device and/or of the coil current during holding in the end position. It is possible to adapt the period of time  $t_k$ .

(57) Zusammenfassung: Um einen Stellantrieb, der ein Stellglied zum Ansteuern beispielsweise eines Gaswechselventils einer Brennkraftmaschine mittels einer Spule in einer Endstellung hält, rechtzeitig in die andere Endstellung umschalten zu können, wird die Bestromung der Spule eine gewisse Zeitspanne  $t_k$  vor dem Zeitpunkt abgeschaltet, zu dem das Stellglied aus der Endstellung freigegeben werden soll. Dabei wird die Zeitspanne  $t_k$  abhängig von der Versorgungsspannung des Stellantriebes und/oder des Spulenstroms während des Haltens in der Endstellung ge-

wählt. Auch ist eine Adaption der Zeitspanne  $t_k$  möglich.

WO 01/20140 A1

## Beschreibung

Verfahren zum Steuern eines elektromechanischen Stellantriebes

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern eines elektromechanischen Stellantriebes.

10

Brennkraftmaschinen, deren Gaswechselventilenockenwellenunabhängig betätigt werden, sind bekannt. Im Gegensatz zu nockenwellenbetätigten Gaswechselventilen werden diese Gaswechselventile zum Öffnen und Schließen in Abhängigkeit von der Drehlage der Kurbelwelle angesteuert; eine feste mechanische Kopplung mit der Kurbelwelle liegt nicht vor. Beispiele für elektromechanische Stellantriebe für Gaswechselventile sind aus DE 297 12 502 U1 oder EP 0 724 067 A1 bekannt. Sie weisen eine zwischen einer geschlossenen und einer offenen Stellung liegende Ruhestellung auf, aus der sie mittels Elektromagneten ausgelenkt werden können.

20

Um ein Gaswechselventil zu öffnen oder zu schließen, wird die Spule des jeweiligen Elektromagneten bestromt, wobei der erforderliche Strom in einer Fangphase größer ist als in einer Haltephase, in der das Gaswechselventil in einer Endstellung gehalten wird.

25

Während bei herkömmlichem, nockenwellenbetätigtem Ventiltrieb eine Vorgabe der Steuerzeiten im Betriebssteuergerät der Brennkraftmaschine nicht anfällt, müssen bei elektromechanisch betätigten Gaswechselventilen entsprechende Steuerzeiten berechnet und vorgegeben werden.

30

Dabei muß berücksichtigt werden, daß das Gaswechselventil zusammen mit dem Stellantrieb und dessen Federn einen Feder-Masse-Schwinger darstellt. Dessen Eigen- oder Resonanzfrequenz bestimmt die Geschwindigkeit, mit der das Ventil zwischen den Endstellungen bewegt werden kann.

35

Durch die physikalischen Gegebenheiten ist eine minimale Stellzeit von einer zur anderen Endstellung vorgegeben. Es ist bekannt, diese minimale Stellzeit bei der Berechnung der Steuerzeiten zu berücksichtigen.

5

Aus der im Oberbegriff berücksichtigten DE 195 26 681 A1 ist es bekannt, die Bestromung der das Stellglied in der Endstellung haltenden Spule eine gewisse Zeitspanne vor dem Zeitpunkt abzuschaffen, zu dem das Stellglied aus der Endstellung freigegeben werden soll, da durch mechanische und magnetische Effekte im Stellantrieb ein sogenanntes Kleben des Stellglieds in einer Endstellung auftritt. Dies ist auch in der DE 195 31 437 A1, der DE 196 23 698 A1 und der DE 195 18 056 A1 erwähnt.

15

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zum Steuern eines elektromechanischen Stellantriebes zu schaffen, bei dem die Auswirkungen des Klebens minimiert sind.

20

Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 und 2 definierte Erfindung gelöst.

25

Eine genaue Untersuchung ergab, daß das Kleben vom Abbau des Stromes in der Spule und dieser wiederum von der Versorgungsspannung des Stellantriebes und des Spulenstrompegels während des Haltens in der Endstellung abhängt. Deshalb wird in einer Variante der Erfindung mindestens eine dieser Größen erfaßt und die Zeitspanne  $t_k$  abhängig davon gewählt.

30

In einer zweiten Variante wird die Zeitspanne  $t_k$  bei einer Ansteuerung des Stellantriebes gemessen und der Meßwert bei der nächsten Ansteuerung berücksichtigt.

35

Weiter zeigte sich, daß das durch Adhäsionseffekte im Stellantrieb bedingte mechanische Kleben weitgehend betriebsparameterunabhängig und über die Lebensdauer des Stellantriebes

nur gering veränderlich ist. Das durch den Abbau des Stromes in der Spule bedingte magnetische Kleben hängt dagegen von erfaßbaren Betriebsparametern des Stellantriebes ab. In einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens werden deshalb diese

5 Betriebsparameter erfaßt und zur Bestimmung einer Teilzeit der Zeitspanne  $t_x$  verwendet, die betriebsparameterabhängig ist. Als weitere Teilzeit, die zusammen mit obiger erster Teilzeit die Zeitspanne ergibt, wird eine konstante, d.h. fest abgespeicherte Größe verwendet. Sie kann aber auch durch

10 Messung der Gesamtzeitspanne  $t_x$  in einem gewissen Zeitraster adaptiert werden.

Mit diesen Verfahren sind unerwünschte Steuerzeitschwankungen bei der Ansteuerung des Stellantriebes vermieden. Solche

15 Steuerzeitschwankungen wirken sich bei einer Brennkraftmaschine mit elektromagnetisch betätigten Gaswechselventilen gerade beim Schließen der Einlaßventile stark negativ auf Abgasemissionen und Laufruhe aus.

20 Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung in einem Ausführungsbeispiel näher erläutert. In

25 der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 einen Schnitt durch einen Stellantrieb für ein Gaswechselventil einer Brennkraftmaschine,

Fig. 2a, 2b und 2c den Stromverlauf in einer Treiberschaltung einer Spule des Stellantriebes,

Fig. 3 die Treiberschaltung,

5

Fig. 4 den Zeitverlauf des Spulenstroms in einer Spule und das Hubsignal der Bewegung des Stellglieds,

Fig. 5 ein erstes Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Steuern des elektromechanischen Stellantriebs und

10

Fig. 6 ein zweites Ablaufdiagramm des Verfahrens.

Fig. 1 zeigt einen elektromagnetischen Stellantrieb 1 für ein als Tellerventil ausgebildetes Gaswechselventil, das aus einem Ventilteller 2 mit Ventilsitz 3 und einem Ventilschaft 4 besteht, der in einer gehäuseseitigen Führung 5 gelagert ist und am oberen Ende mit einem Kegelstück 6 versehen ist. Der Ventilteller wird vom Stellantrieb 1 zwischen zwei Endstellungen bewegt: In einer oberen Endstellung ist das Gaswechselventil geschlossen und in einer unteren Endstellung geöffnet. Eine zwischen der gehäuseseitigen Führung 5 und dem Kegelstück 6 angeordnete Ventilsfeder 8 beaufschlagt den Ventilteller in die Schließstellung.

25

Der Stellantrieb 1 besteht weiter aus einem oberen ferromagnetischen Spulenkörper 10 und einem unteren ferromagnetischen Spulenkörper 12, die jeweils eine Spule 14 und 16 tragen.

Innerhalb des oberen Spulenkörpers 10 ist verschiebbar ein Ankerschaft 17 gelagert, der einen plattenförmigen Anker 18 aufweist, der zwischen den beiden Spulen 14, 16 liegt. Die dem Anker 18 zugekehrten Stirnseiten 19 und 20 der beiden Spulenkörper 10 und 12 bilden Anschläge für den Anker 18 und definieren damit die obere und untere Endstellung des Gaswechselventils, in der es geöffnet bzw. geschlossen ist.

35

Eine Aktuatorfeder 22 ist zwischen dem Ankerschaft 17 und einem gehäuseseitigen Anschlag 24 eingespannt und beaufschlagt den Anker 18 in Richtung Öffnungsstellung des Ventiltellers

5 2. Der Anker 18 liegt auf dem Ventilschaft 4 auf. Solange die Spulen 14 und 16 stromlos sind, wird der Anker 18 von der Ventilsfeder 8 und der Aktuatorfeder 22 in der Mittelstellung zwischen den beiden Stirnseiten 19 und 20 gehalten, wie dies in der Zeichnung dargestellt ist.

10

Die beiden Spulen 14 und 16 werden jeweils von einer Treiberschaltung 26, 27 bestromt, die von einer Regelschaltung 28 angesteuert werden.

15 Zur Messung des Hubes des Ankertellers 2 ist weiter ein Piezoelement 30' an der Aktuatorfederabstützung vorgesehen. Ein weiteres Piezoelement 32' ist an der gehäuseseitigen Führung 5 vorgesehen. Die Ausgangssignale der beiden Piezoelemente 30', 32' werden der Regelschaltung 28 zugeführt, die sie dazu

20 verwendet, die Auftreffgeschwindigkeit des Ankers 18 auf den Spulenkörpern 10 bzw. 12 an den Stirnseiten 19 bzw. 20 so zu regeln, daß das Ventil ohne Prallen, geräuscharm, rasch und zum gewünschten Zeitpunkt in die jeweilige Endstellung überführt werden kann.

25

Die Treiberschaltung ist zusammen mit einer genaueren Darstellung der Regelschaltung 28 in Fig. 3 beispielhaft dargestellt. Die Fig. 3 zeigt die Treiberschaltung 26 für die Spule 14. Die Treiberschaltung 27 ist analog ausgebildet.

30

Die Spule 14 wird, wie in Fig. 3 zu sehen ist, durch eine asymmetrische Halbbrücke angesteuert. Dabei ist die Spule 14 zwischen einen Highside-FET Th, der andererseits an die Versorgungsspannung Vcc angeschlossen ist, und einen Lowside-FET

35 Tl geschaltet, der wiederum andererseits über einen Widerstand R an das Bezugspotential angeschlossen ist. Zwischen das Bezugspotential und den Verbindungsknoten der Spule 14

mit dem Highside-FET Th ist in Durchlaßrichtung eine Diode D2 geschaltet. Zwischen den Verbindungsknoten der Spule 14 mit dem Lowside-FET Tl und der Versorgungsspannung Vcc ist in Durchlaßrichtung eine Diode D1 geschaltet. Schließlich ist  
5 die Versorgungsspannung Vcc mit dem Bezugspotential über einen Kondensator C verbunden. Zwischen Lowside-FET Tl und dem Bezugspotential liegt ein Widerstand R.

Durch Ein- und Ausschalten des Highside- und/oder Lowside-FET Th, Tl wird ein Sollstrom in der Spule 14 eingeregelt. Dabei  
10 wird der Iststrom über den Spannungsabfall am Widerstand R im Lowsidezweig gemessen. Der Spannungsabfall wird von einem Differenzverstärker 30 abgegriffen, dessen Ausgangswert über einen Addierknoten 31, dem noch eine Konstantspannungsquelle  
15 32 zugeführt wird, einem Filter 33 und weiter einem Analog/Digital-Wandler 34 und einem Microcontroller 35 zugeführt wird.

Die Figuren 2a mit 2c zeigen nun den Stromfluß in der Schaltung 26 in verschiedenen Betriebszuständen des Stellantriebes. Dabei sind die der Fig. 3 entsprechenden Elemente mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Fig. 2a zeigt die Bestromung der Spule 14 während des Haltens  
25 des Stellantriebes in der Endstellung, in der das Gaswechselventil geschlossen ist. Dabei fließt der Strom in Richtung des mit 40 bezeichneten Pfeiles von der Versorgungsspannung Vcc über den leitenden Highside-FET Th, durch die Spule 14 und den ebenfalls leitenden Lowside-FET Tl und durch den Widerstand R zum Bezugspotential. In Fig. 2b ist das Ausschalten der Spule zu sehen. Dazu wird der Highside-FET Th geöffnet. Dann baut sich die in der Spule 14 gespeicherte Energie durch den Stromfluß in Richtung des Pfeiles 40 über den Lowside-FET Tl und die Diode D2 ab. Um die Bestromung der Spule  
30 noch schneller zu beenden, kann die Treiberschaltung 26 in der in Fig. 2c bezeichneten Weise geschaltet werden. Dazu  
35 wird der Lowside-FET Tl ebenfalls geöffnet. Dieser als „Klem-

men" bezeichnete Zustand entlädt die Spule 14 durch einen Stromfluß in Richtung des Pfeiles 40 über die Dioden D2 und D1 sowie den entsprechend vorgespannten Kondensator C. Durch Klemmen der Spule kann der Spulenstrom sehr viel schneller  
5 abgeschaltet werden, als durch bloßes Ausschalten, wie es in Fig. 2b dargestellt ist.

Der Strom in der Spule 14 fällt beim Klemmen mit einer Exponentialfunktion ab. Dieser Abfall ist in der Zeitreihe der  
10 Fig. 4 in der oberen Kurve dargestellt. Die Zeitkonstante des exponentialen Abfalls wird durch die Höhe der Versorgungsspannung bestimmt. Je höher die Versorgungsspannung ist, desto schneller findet der Stromabbau in der Spule 14 statt. Die Anfangsstromhöhe, d.h. der Strom, mit dem die Spule 14 in der  
15 Schaltung der Fig. 2a bestromt wird, beeinflußt die Zeitkonstante des exponentiellen Abfalles nicht, sehr wohl aber die Zeitdauer, bis der Strom ausreichend abgeklungen ist, d.h. bis das Stellglied aus der Endstellung freigegeben wird.

20 In Fig. 4 ist die Wirkung des „Klebens“ in zwei Zeitreihen dargestellt. Die oberen Zeitreihe zeigt den Verlauf der Bestromung einer Spule beim Halten des Stellgliedes, beispielsweise die Bestromung der Spule 14, um den Anker 18 in der Endstellung zu halten, in der das Gaswechselventil geschlossen ist. Auf der X-Achse ist die Zeit  $t$ , auf der Y-Achse der Strom  $I$  aufgetragen. In der darunterliegenden Kurve  
25 ist das zugehörige Hubsignal  $H$  über der Zeit  $t$  aufgetragen, das aus den Ausgangssignalen der beiden Piezoelemente 30', 32' in der Regelschaltung 28 generiert wurde.

30 Wie in Fig. 4 zu sehen ist, wird die Spule 14 bis zur Zeit  $t_0$  mit einem Haltestrom  $I_m$  bestromt. Dabei wird von der Regelschaltung 28 der Strom zwischen den Werten  $I_{min}$  und  $I_{max}$  geregelt. Zum Zeitpunkt  $t_0$  wird die Spule 14 geklemmt. Der Strom  
35  $I$  fällt dadurch zwischen der Zeit  $t_0$  und  $t_1$  auf 0 ab. Dieser Strompegel ist in Fig. 4 mit  $I_0$  bezeichnet. Ab dem Zeitpunkt  $t_1$  ist die Spule 14 somit nicht mehr bestromt.



Das zugehörige Hubsignal  $H$  zeigt, daß der Anker 18 sich erst zu einem späteren Zeitpunkt  $t_2$  aus der Endstellung  $H_2$  löst. Der Anker 18 verläßt somit die Stirnseite 19, der das Hubsig-  
5 nal  $H_2$  zugeordnet ist, erst eine Zeitspanne  $t_k$  nach dem Zeitpunkt  $t_0$ , zu dem begonnen wurde, die Spule 14 zu klemmen. Während der Zeitspanne  $t_e$ , in der sich der Strom in der Spule 18 abbaut, verbleibt der Anker 18 an der Stirnseite 19; das Hubsignal ist konstant auf dem Wert  $H_2$ . Dies ist durch das  
10 magnetische „Kleben“ verursacht, das in der für den Spulenstromabbau erforderlichen Zeit begründet ist. Daß das Hubsignal darüber hinaus noch über die Zeitspanne  $t_m$  den Wert  $H_2$  beibehält, d.h. daß der Anker 18 noch länger an der Stirnseite 19 verbleibt, hat seine Ursache im mechanischen „Kleben“,  
15 das durch zusätzliche Adhäsionseffekte im Stellantrieb, z.B. durch einen Ölfilm oder durch Führungsreibung verursacht ist.

Verläßt der Anker die Stirnseite 19, wird er unter Wirkung der Federn 22,8 zur anderen Endstellung bewegt und dort mittels eines von der Spule 16 erzeugten magnetischen Feldes ge-  
20 fangen. Die Zeit für diese als „Freiflug“ bezeichnete Bewegung ergibt sich aus der Wurzel des Quotienten von bewegter Masse und Federkonstante, multipliziert mit einem Faktor von  $2\pi$ .

25 Diese Effekte des „Klebens“ betreffen natürlich gleichermaßen beide Endstellungen.

Um nun sicherzustellen, daß der Anker 18 bzw. das vom Stellglied angetriebenen Gaswechselventil zu einem vorbestimmten  
30 Zeitpunkt aus der Endstellung freigegeben wird und den „Freiflug“ beginnt, wird ein Verfahren durchgeführt, dessen Schrittfolge schematisch in Fig. 5 dargestellt ist.

35 Im Schritt S1 werden die Versorgungsspannung  $V_{cc}$  sowie der aktuelle Spulenstrom  $I(t_0)$  gemessen. Aus diesen Parameterwerten wird die elektrische Klebzeit  $t_e$  ermittelt. Dies kann

beispielsweise mittels eines Kennfeldes erfolgen, in dem zu den Parametern die entsprechende Klebzeit abgelegt wurde. Alternativ kann dies auch über folgende Gleichung erfolgen:

5

$$I(t) = I(t_0) \cdot (1 - \exp[-t / T1])$$

Dabei bezeichnet T1 die Zeitkonstante des exponentialen Stromabklingens, die abhängig von der Höhe der Versorgungsspannung Vcc ermittelt wird, beispielsweise einer zuvor experimentell bestimmten Tabelle entnommen werden kann. Aus obiger Gleichung kann man durch einfaches Auflösen nach t die Zeitdauer bestimmen, bei der der Strom auf einen bestimmten Strom I<sub>f</sub> abgefallen ist, bei dem die durch diesen Strom bewirkte magnetische Kraft kleiner wird, als die resultierende Kraft der Federn 22 und 8, die den Anker in die Mittellage beaufschlagt. Dieser Strom I<sub>f</sub> ist für einen gegebenen Stellantrieb bekannt bzw. einfach experimentell zu ermitteln, indem der Strom I<sub>m</sub> langsam solange abgesenkt wird, bis der Anker 18 sich aus der Endstellung löst.

Parallel zu den Schritten S1 und S2 wird in Schritt S3 die mechanische Klebzeit t<sub>m</sub> bestimmt, beispielsweise einem Kennfeld entnommen. Eine alternative Bestimmung der mechanischen Klebzeit t<sub>m</sub> wird später anhand von Fig. 6 noch erläutert werden.

In Schritt S4 werden die Klebzeiten t<sub>e</sub> und t<sub>m</sub> zur Zeitspanne t<sub>k</sub> addiert. In Schritt S5 wird auf bekannte Weise die Schaltzeitvorgabe t<sub>f</sub> bestimmt, zu der das Gaswechselventil die Endstellung verlassen soll.

In Schritt S6 wird nun der Zeitpunkt, zu dem die Spulenbestromung abzuschalten, d.h. die Spule zu klemmen ist, ermittelt, indem von der Schaltzeitvorgabe t<sub>sv</sub> die Klebzeit t<sub>k</sub> abgezogen wird, so daß der Schaltzeitpunkt t<sub>s</sub> erhalten wird.

Klemmt man nun die Spule zu diesen Schaltzeitpunkt  $t_s$ , so ist sichergestellt, daß sich der Anker 18 des Stellantriebes bzw. das Gaswechselventil zur gewünschten Schaltzeitvorgabe  $t_{sv}$  aus der Endstellung löst und den „Freiflug“ beginnt.

Alternativ zur Entnahme der mechanischen Klebzeit  $t_m$  aus einem Kennfeld in Schritt S3, was ja einen fixen Wert für die mechanische Klebzeit  $t_m$  bedeutet, können die in Fig. 6 dargestellten Verfahrensschritte durchlaufen werden: Zuerst wird in Schritt S31 ein Startwert der mechanischen Klebzeit für ein dann folgendes Adaptionsverfahren aus einem Speicher entnommen. Dabei kann es sich um einen einmal eingespeicherten Wert oder um den beim letzten Betriebslauf der Regelschaltung ermittelten Wert für die mechanische Klebzeit  $t_m$  handeln. Dann wird in Schritt S32 mit diesem Startwert die Zeitspanne  $t_k$  entsprechend den Schritten der Fig. 5 erstmalig bestimmt und zum Ansteuern des Stellantriebes verwendet. In Schritt S33 wird dabei gleichzeitig das Hubsignal H überwacht und die Zeitdifferenz zwischen der Zeit  $t_2$ , zu der sich das Stellglied bzw. der Anker 18 aus der Endstellung löst, und die Zeit  $t_0$  ermittelt, zu der die Spule geklemmt wurde. Man erhält somit die Zeitspanne  $t_k$ , die sich tatsächlich beim Betrieb des Stellantriebes eingestellt hat. Von diesem Meßwert für die Zeitspanne  $t_k$  wird nun in Schritt S34 der zuvor im Verfahren nach Fig. 5 errechnete Wert für die Zeitspanne  $t_k$  abgezogen. Diese Differenz kann positiv oder negativ sein, je nachdem, ob der errechnete Wert für die Zeitspanne  $t_k$  größer oder kleiner als der gemessene Wert war. Die Differenz wird dann zum Wert für die mechanische Klebzeit  $t_m$  addiert, von dem in Schritt S31 ausgegangen wurde. Dieser Wert wird dann für die nächste Durchführung des Verfahrens nach Fig. 6 beim nächsten Durchlauf des Schrittes S31 verwendet, so daß die mechanische Klebzeit  $t_m$  ständig adaptiert wird.

35

Mit dieser Adaption ist es dann möglich, die Differenz zwischen dem Ausgangswert für die mechanische Klebzeit  $t_m$  und

dem als letzten adaptierten Wert zu bestimmen. Überschreitet die Differenz einen gewissen Schwellwert, kann man auf einen Fehler im mechanischen System schließen und diesen geeignet zur Anzeige bringen oder speichern.

5

Möchte man den Rechenaufwand bei der Durchführung des Verfahrens verringern, kann eine abgewandelte Version des Verfahrens nach Fig. 6 zum Einsatz kommen: Dabei wird nicht die mechanische Klebzeit  $t_m$  adaptiert, sondern die gesamte Zeitspanne  $t_k$ . Im Schritt S31 wird somit zuerst ein Ausgangswert für die Zeitspanne  $t_k$  zur erstmaligen Ansteuerung des Stellantriebes entnommen. Dieser Wert wird dann durch Messung der sich tatsächlich einstellenden Zeitspanne  $t_k$  in den Schritten S32 und S33 sowie S34 adaptiert, so daß für jede Ansteuerung des Stellantriebes immer der zuletzt gemessene Wert für die Zeitspanne  $t_k$  verwendet wird.

10

15

## Patentansprüche

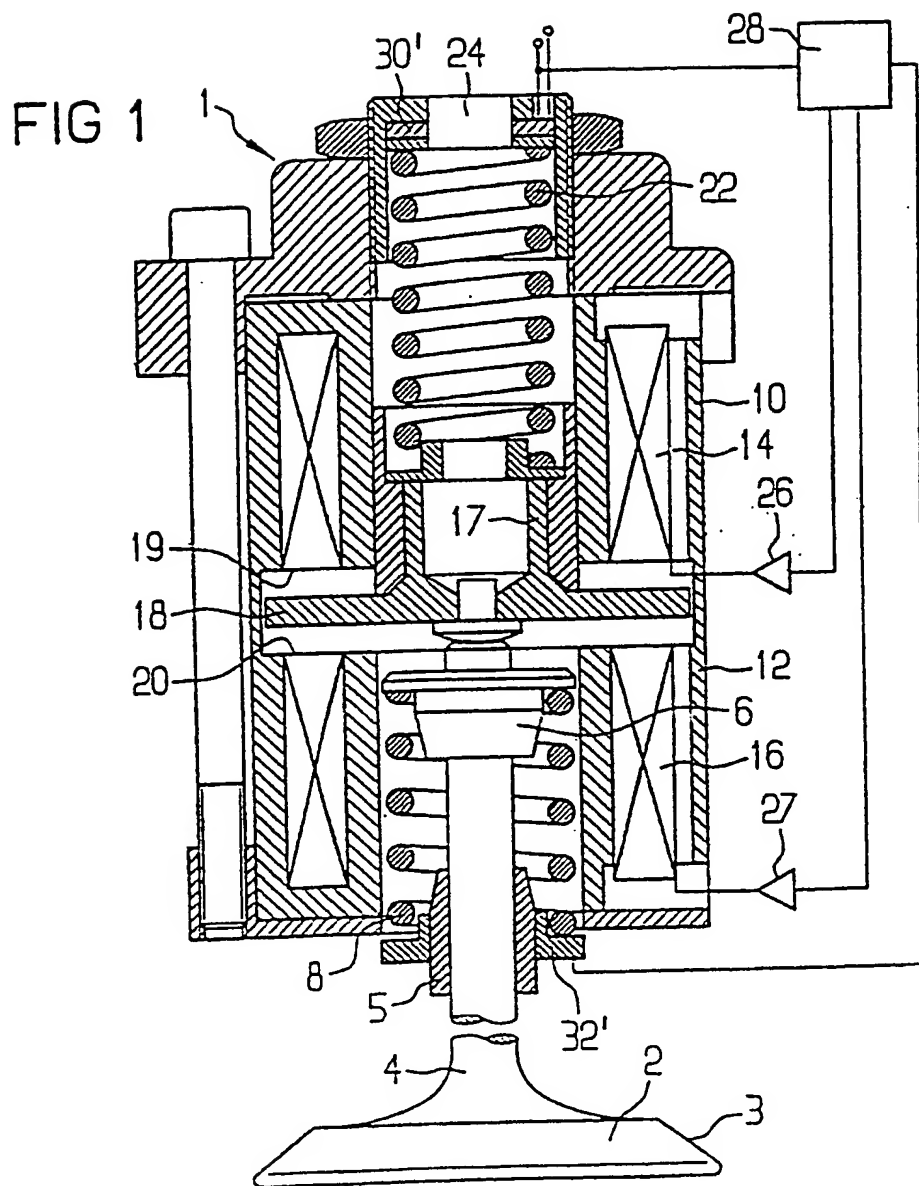
1. Verfahren zum Steuern eines elektromechanischen Stellan-  
triebes, der ein Stellglied antreibt und der mindestens eine  
5 einer Endstellung des Stellgliedes zugeordnete Spule zum Hal-  
ten des Stellgliedes in dieser Endstellung aufweist, bei wel-  
chem Verfahren die Bestromung der Spule eine gewisse Zeit-  
spanne  $t_k$  vor dem Zeitpunkt, zu dem das Stellglied aus der  
Endstellung freigegeben werden soll, abgeschaltet wird, da-  
10 durch gekennzeichnet, daß die Zeitspanne  $t_k$  abhängig von der  
Versorgungsspannung des Stellantriebes und/oder des Spulen-  
stromes während des Haltens des Stellgliedes in der Endstel-  
lung gewählt wird.
- 15 2. Verfahren zum Steuern eines elektromechanischen Stellan-  
triebes, der ein Stellglied antreibt und der mindestens eine  
einer Endstellung des Stellgliedes zugeordnete Spule zum Hal-  
ten des Stellgliedes in dieser Endstellung aufweist, bei wel-  
chem Verfahren die Bestromung der Spule eine gewisse Zeit-  
20 spanne  $t_k$  vor dem Zeitpunkt, zu dem das Stellglied aus der  
Endstellung freigegeben werden soll, abgeschaltet wird, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Zeit zwischen dem Abschalten  
des Spulenstroms und der Freigabe des Stellgliedes gemessen  
und daraus die Zeitspanne  $t_k$  bestimmt wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zum  
Messen der Zeit ein Hubsignal des Stellantriebes ausgewertet  
wird, das die Stellung des Stellgliedes anzeigt.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet,  
daß ein Fehler diagnostiziert wird, wenn die Zeitspanne  $t_k$   
einen Schwellwert überschreitet.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die  
35 Zeitspanne  $t_k$  aus zwei Teilzeiten zusammengesetzt wird, wobei  
nur die erste Teilzeit abhängig vom Spulenstrom und/oder der  
Versorgungsspannung gewählt wird.

13

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Teilzeit konstant gewählt wird.

5 7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Teilzeit mittels der Bestimmung der Zeitspanne  $t_x$  nach Anspruch 2 adaptiert wird.

1/4



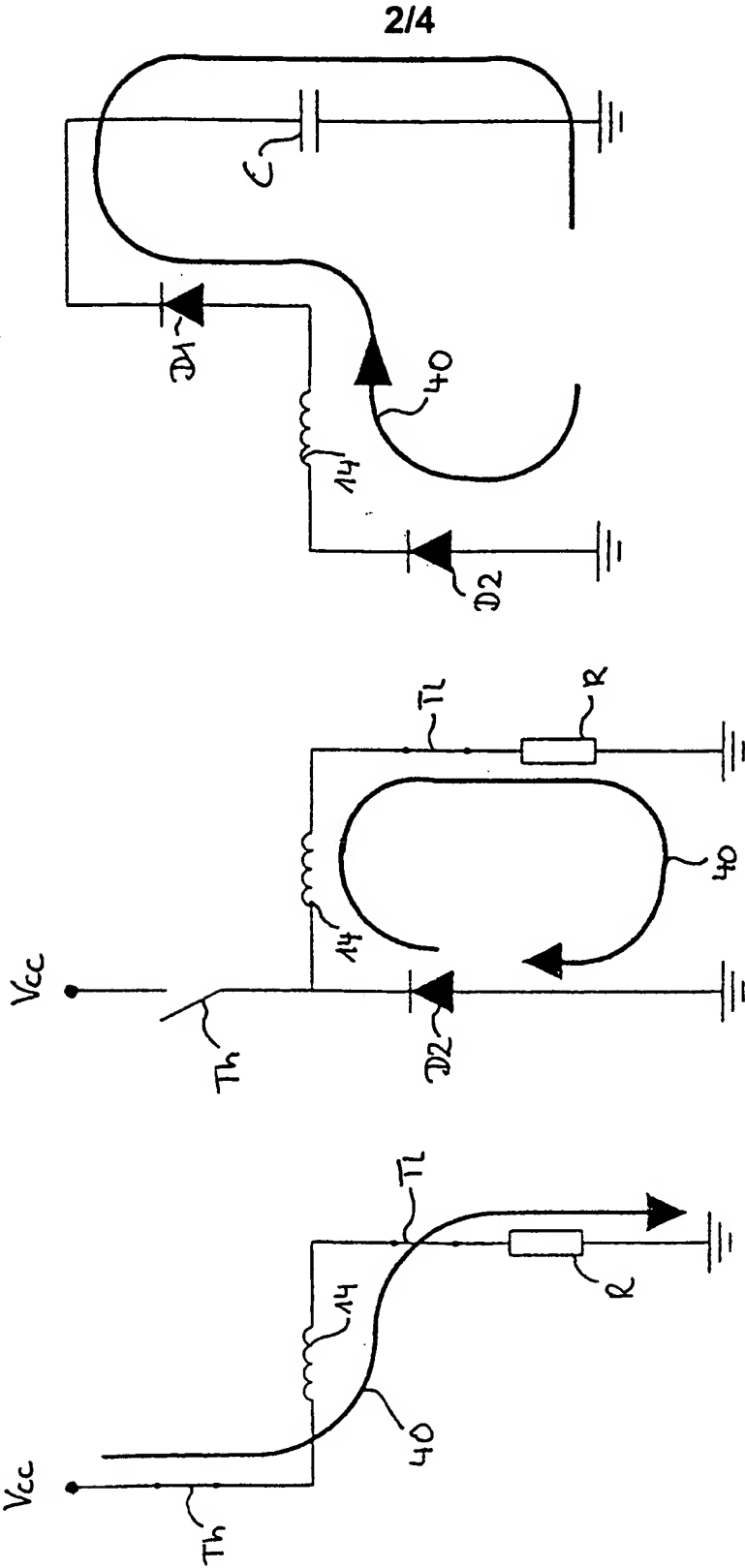


FIG 2a

FIG 2b

FIG 2c



3/4

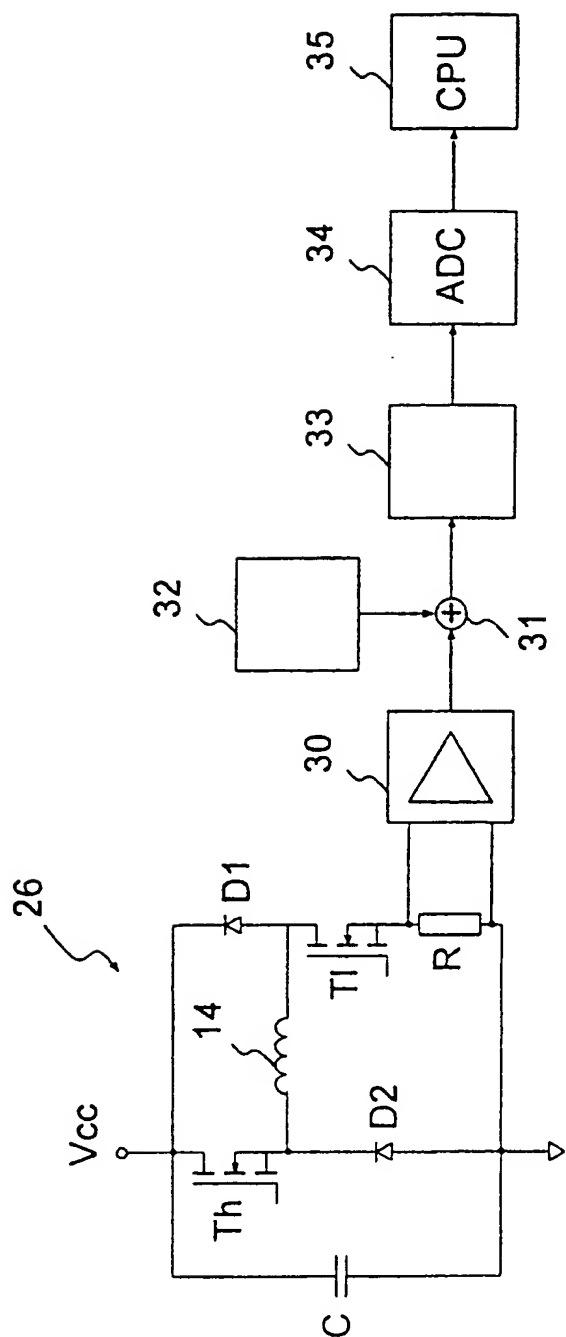
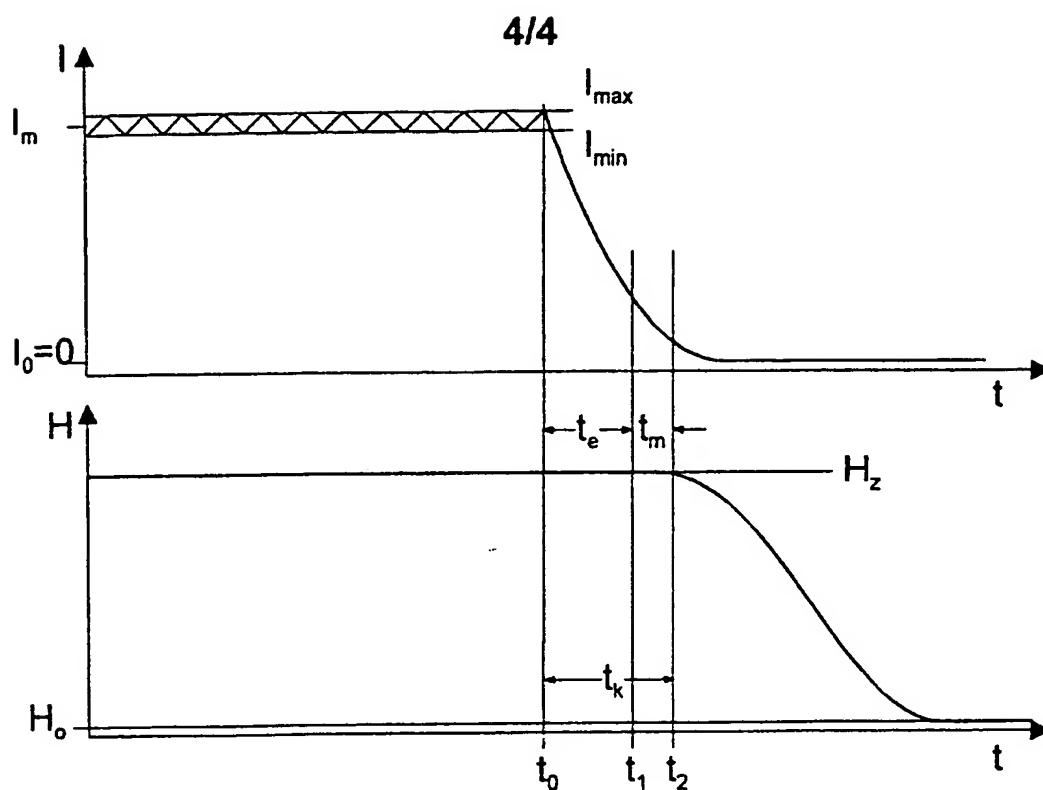
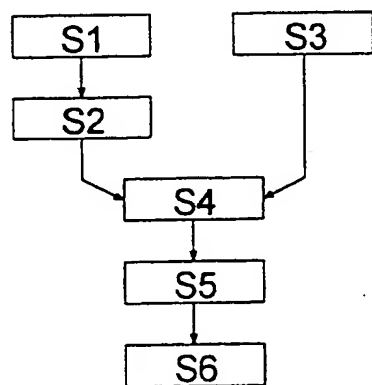


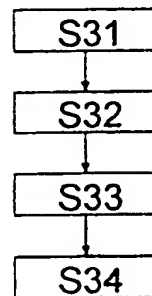
Fig 3



**FIG 4**



**FIG 5**



**FIG 6**

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/03113

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F01L9/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F01L H01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 196 23 698 A (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG) 18 December 1997 (1997-12-18) cited in the application	1,5
A	abstract column 5, line 35 - line 42 column 8, line 36 - line 40 ---	2,3,7
Y	DE 43 19 918 A (REXROTH MANNESMANN GMBH) 22 December 1994 (1994-12-22) column 1, line 60 - line 65 column 2, line 40 - line 45 column 5, line 46 - line 59 --- -/--	1,5



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 January 2001

Date of mailing of the international search report

22/01/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 3po nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Röttger, K

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No

PCT/DE 00/03113

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 37 33 704 A (MEYER HANS WILHELM) 14 April 1988 (1988-04-14)	2
Y	abstract	3
A	claims 1-9 column 2, line 33 -column 3, line 11 column 3, line 50 -column 4, line 45 figure 1	1,7
Y	EP 0 724 067 A (HONDA MOTOR CO LTD) 31 July 1996 (1996-07-31)	3
A	cited in the application column 13, line 8 - line 37	4
A	DE 195 26 681 A (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG) 23 January 1997 (1997-01-23) cited in the application column 3, line 30 -column 4, line 26 column 1, line 38 - line 55	1,2
A	DE 195 18 056 A (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG) 21 November 1996 (1996-11-21) cited in the application the whole document	1,2
A	DE 195 31 437 A (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG) 27 February 1997 (1997-02-27) cited in the application the whole document	1,2
A	DE 297 12 502 U (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG) 18 September 1997 (1997-09-18) cited in the application the whole document	1,2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/03113

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19623698 A	18-12-1997	US 5797360 A	25-08-1998
DE 4319918 A	22-12-1994	NONE	
DE 3733704 A	14-04-1988	DE 3765744 D	29-11-1990
		EP 0264706 A	27-04-1988
		JP 63105215 A	10-05-1988
		US 4794891 A	03-01-1989
EP 0724067 A	31-07-1996	JP 8200108 A	06-08-1996
		DE 69600733 D	12-11-1998
		DE 69600733 T	24-06-1999
		DE 69607571 D	11-05-2000
		DE 69607571 T	04-01-2001
		EP 0777038 A	04-06-1997
		US 5752478 A	19-05-1998
		US 5765514 A	16-06-1998
DE 19526681 A	23-01-1997	US 5748433 A	05-05-1998
DE 19518056 A	21-11-1996	US 6081413 A	27-06-2000
		US 5818680 A	06-10-1998
DE 19531437 A	27-02-1997	US 5832955 A	10-11-1998
DE 29712502 U	18-09-1997	DE 19825728 A	21-01-1999
		JP 11081941 A	26-03-1999
		US 6078235 A	20-06-2000

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. nales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03113

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F01L9/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F01L H01F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 196 23 698 A (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG) 18. Dezember 1997 (1997-12-18) in der Anmeldung erwähnt	1,5
A	Zusammenfassung Spalte 5, Zeile 35 - Zeile 42 Spalte 8, Zeile 36 - Zeile 40	2,3,7
Y	DE 43 19 918 A (REXROTH MANNESSMANN GMBH) 22. Dezember 1994 (1994-12-22) Spalte 1, Zeile 60 - Zeile 65 Spalte 2, Zeile 40 - Zeile 45 Spalte 5, Zeile 46 - Zeile 59	1,5
	--- -/-	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. Januar 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

22/01/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3018

Bevollmächtigter Bediensteter

Röttger, K

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. nales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03113

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 37 33 704 A (MEYER HANS WILHELM) 14. April 1988 (1988-04-14)	2
Y	Zusammenfassung	3
A	Ansprüche 1-9 Spalte 2, Zeile 33 -Spalte 3, Zeile 11 Spalte 3, Zeile 50 -Spalte 4, Zeile 45 Abbildung 1 ----	1,7
Y	EP 0 724 067 A (HONDA MOTOR CO LTD) 31. Juli 1996 (1996-07-31) in der Anmeldung erwähnt	3
A	Spalte 13, Zeile 8 - Zeile 37 ----	4
A	DE 195 26 681 A (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG) 23. Januar 1997 (1997-01-23) in der Anmeldung erwähnt Spalte 3, Zeile 30 -Spalte 4, Zeile 26 Spalte 1, Zeile 38 - Zeile 55 ----	1,2
A	DE 195 18 056 A (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG) 21. November 1996 (1996-11-21) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ----	1,2
A	DE 195 31 437 A (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG) 27. Februar 1997 (1997-02-27) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ----	1,2
A	DE 297 12 502 U (FEV MOTORENTECH GMBH & CO KG) 18. September 1997 (1997-09-18) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1,2

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern. Aktenzeichen

PCT/DE 00/03113

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19623698 A	18-12-1997	US 5797360 A	25-08-1998
DE 4319918 A	22-12-1994	KEINE	
DE 3733704 A	14-04-1988	DE 3765744 D	29-11-1990
		EP 0264706 A	27-04-1988
		JP 63105215 A	10-05-1988
		US 4794891 A	03-01-1989
EP 0724067 A	31-07-1996	JP 8200108 A	06-08-1996
		DE 69600733 D	12-11-1998
		DE 69600733 T	24-06-1999
		DE 69607571 D	11-05-2000
		DE 69607571 T	04-01-2001
		EP 0777038 A	04-06-1997
		US 5752478 A	19-05-1998
		US 5765514 A	16-06-1998
DE 19526681 A	23-01-1997	US 5748433 A	05-05-1998
DE 19518056 A	21-11-1996	US 6081413 A	27-06-2000
		US 5818680 A	06-10-1998
DE 19531437 A	27-02-1997	US 5832955 A	10-11-1998
DE 29712502 U	18-09-1997	DE 19825728 A	21-01-1999
		JP 11081941 A	26-03-1999
		US 6078235 A	20-06-2000